

10/573930

1AP20 RESCUTPTPTO 30 MAR 2006

Bezeichnung: Sensoranordnung zur Erfassung der Bewegung eines durch einen Aktuator hin und her bewegten Stellgliedes

5 Beschreibung

Da bei einem Aktuator zur Hin- und Herbewegung eines Stellgliedes, insbesondere bei einem elektromagnetischen Aktuator, die Bewegung des Ankers des Aktuators in der Regel identisch ist mit der Bewegung des zu betätigenden Stellgliedes, besteht die Möglichkeit, die Ankerbewegung und damit die Bewegung des Stellgliedes im Bereich des Aktuators zu erfassen.

Bei einem elektromagnetischen Aktuator mit zwei mit Abstand zueinander angeordneten Elektromagneten, deren Polflächen gegeneinandergerichtet sind und zwischen denen bei abwechselnder Bestromung ein Anker gegen die Kraft von Rückstellfedern hin und her bewegbar geführt ist, können über eine Erfassung von Strom und/oder Spannung an dem jeweils fangenden Magneten bzw. bei der Freigabe des haltenden Magneten Rückschlüsse auf die Ankerbewegung gezogen werden, die bei entsprechender Signalverarbeitung zu Zwecken der Ansteuerung verwertbar sind.

Ein derartiger elektromagnetischer Aktuator wird beispielsweise als vollvariabler Ventiltrieb zur Betätigung eines Gaswechselventils an einer Kolbenbrennkraftmaschine eingesetzt. Die gestiegenen Anforderungen an die Genauigkeit der Ansteuerung insbesondere in bezug auf die Beeinflussung der Auf-
treffgeschwindigkeit des Ankers auf der Polfläche des jeweils fangenden Magneten, und damit auch der Aufsetzgeschwindigkeit des Gaswechselventils auf dem Ventilsitz, lassen eine Bewegungserfassung durch Ableitung aus den Strom- und Spannungsverläufen an den Spulen der Elektromagneten nicht mehr ausreichend erscheinen, da die hieraus gewonnenen Signale erst für den nächstfolgenden Hubtakt umgesetzt werden können.

Best Available Copy

Es besteht daher die Notwendigkeit, mit Hilfe einer entsprechenden Sensorik die Bewegung des Ankers und damit die Bewegung des Stellgliedes "online" über den gesamten Hubweg zu erfassen, so daß aufgrund entsprechender Signale während der Bewegung des Stellgliedes durch den Aktuator über eine entsprechende Ansteuerung des Aktuators, beispielsweise eines elektromagnetischen Aktuators, auf die Bestromung der Elektromagnete Einfluß genommen werden kann und die Ankerbewegung noch im laufenden Hubtakt geführt werden kann.

Diese Vorgabe kann mit nur einem wegführenden Sensor mit geringer Fehlerabweichung erfüllt werden, der während der gesamten Hubbewegung ein entsprechendes Signal erzeugt, d. h. den Hubweg "abbildet". Wegen der Anforderungen an die Auflösung und Genauigkeit bei Gaswechselventilen, aber auch an Einspritzdüsen und Nadelventilen wegen der relativ kleinen Hübe müssen Störungen möglichst vollständig von der Sensorik ferngehalten werden. Dies gilt auch für andere Einsatzfälle, bei denen die Bewegung eines hin und bewegten Bauteils, beispielsweise eines Steuerkolbens oder dergl. mit hohen Anforderungen an die Genauigkeit erfaßt werden muß. Hierbei sollte das erzeugte Wegsignal möglichst linear sein.

Ein Sensor dieser Art ist aus DE 101 57 119 A im Prinzip vorbekannt, der jedoch eine relativ große Baulänge erfordert, wenn genaue Meßsignale gewünscht werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Sensoranordnung zu schaffen, die der vorbekannten Sensoranordnung gleichwertig ist, jedoch eine deutlich geringere Baulänge erfordert und ein im wesentlichen lineares Wegsignal erzeugt.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß eine Sensoranordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen, und zwar eine Sensoranordnung zur Erfassung eines Hubes eines bewegbaren Baugliedes, insbesondere eines durch einen Aktuator bewegbaren Stellgliedes, mit einer feststehenden, eine aktive

Spule und mit Abstand hierzu wenigstens eine passive Spule aufweisenden Spulenordnung, die mit einer Stromversorgung und einer Signalerfassung in Verbindung steht, und mit einem axial bewegbaren stabförmigen Sensorteil aus einem vorzugsweise magnetisierbaren Material, das mit dem axial hin und her bewegbaren Stellglied in Verbindung steht und das mit wenigstens einem in Längsrichtung jeweils durch eine Endkante begrenzten Kurzschlußelement aus einem elektrischleitenden Material mit geringem Ohmschen Widerstand versehen ist, dessen Erstreckung in Bewegungsrichtung so bemessen ist, daß in wenigstens einer durch die vorgegebene Hubhöhe h definierten Endstellung I, II eine Endkante des wenigstens einen Kurzschlußelementes von der aktiven Spule umschlossen ist und eine andere Endkante des wenigstens einen Kurzschlußelementes von einer der wenigstens einen passiven Spulen zumindest teilweise umfaßt wird.

Die nachstehend noch näher erläuterte Signalerzeugung wird hierbei jeweils durch eine Feldveränderung in wenigstens zwei Spulen über die sich mit dem Hub ändernde Eintauchlänge wenigstens eines am stabförmigen Sensorteil angeordneten Kurzschlußelementes in die aktive Spule bewirkt. Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß bei Erreichen der durch die vorgegebene Hubhöhe definierten Endstellung das wenigstens eine Kurzschlußelement mit seinem Endbereich noch von einer der beiden Spulen überdeckt wird. Die ansonsten passive zweite Spule wird in diesem Bereich dann aktiviert. Die "Geometrie" der aktiven Spule und der wenigstens einen passiven Spule, d. h. ihre Länge und ihr Abstand zueinander einerseits und die Länge des Kurzschlußelementes andererseits werden so bemessen, daß stets ein Übergang des Materials des Kurzschlußelementes auf das vorzugsweise ferromagnetische Material des stabförmigen-Sensorteils, d. h. eine Endkante eines Kurzschlußelementes, in wenigstens eine der ansonsten passiven Spulen eintaucht, wenn sich der durch die eine andere Endkante eines Kurzschlußelementes definierte Materialübergang einem Ende der aktiven Spulen nä-

hert. Schon hierdurch gelingt es, das erzeugte Meßsignal zu linearisieren. Die Anordnung eines zusätzlichen dritten Materialübergangs zwischen den unterschiedlichen Materialien, insbesondere eines zusätzlichen Kurzschlußelementes, ergibt bei entsprechender Abstimmung der Längen der durch die Länge der Kurzschlußelemente definierte elektrisch gut leitenden Zonen und des Abstandes der beiden Kurzschlußelemente zueinander und der damit definierten Länge der Zone aus ferromagnetischem Material in bezug auf die Länge der Spulen die Möglichkeit einer Linearisierung des Anzeigesignals praktisch über den gesamten Hubbereich.

Zweckmäßig ist es, wenn die Länge der aktiven Spule größer ist als die zu messende Hubhöhe h .

Bei der Anwendung für elektromagnetische Aktuatoren zur Betätigung von Gaswechselventilen an einer Kolbenbrennkraftmaschine kann diese Zusammenschaltung in der Weise erfolgen, daß entsprechend der Zündfolge jeweils ein nicht betätigtes und ein betätigtes Gaswechselventil in der Halbbrücke verschaltet wird.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ergibt sich, wenn auf dem stabförmigen Sensorteil zwei jeweils durch Endkanten begrenzte Kurzschlußelemente mit Abstand zueinander angeordnet sind und daß der Abstand der einander zugekehrten Enden der wenigstens zwei Spulen einerseits und der Abstand der einander zugekehrten Endkanten) der Kurzschlußelemente andererseits so bemessen ist, daß in wenigstens einer durch die vorgegebene Hubhöhe h definierten Endstellung I, II des Sensorelementes eine der Endkanten des Kurzschlußelementes von der aktiven Spule umschlossen ist und eine weitere Endkante eines der beiden Kurzschlußelemente von einer der wenigstens einen passiven Spulen zumindest teilweise umfaßt wird.

Die Linearität kann noch durch wickeltechnische Maßnahmen verbessert werden, beispielsweise durch gezielt ungleichmäßiges Wickeln, zusätzliches Kompensationswickeln oder ähnliche Maßnahmen. Bei der Anordnung von zwei passiven Spulen, von
5 denen jeweils eine an jedem Ende der aktiven Spulen zugeordnet ist, sind diese zweckmäßig gleichsinnig gewickelt und in Reihenschaltung miteinander verbunden und als Viertelbrückenelemente mit der aktiven Spule in einer Halbbrücke zusammengeschaltet.

10 Wird die Spulenanordnung einer derartigen Sensoranordnung mit einem hochfrequentem Wechselstrom beaufschlagt, so wird ein hochfrequentes Magnetfeld erzeugt, das auf das mit dem stabförmigen Sensorteil verbundene Kurzschlußelement einwirkt und
15 im Kurzschlußelement Wirbelströme erzeugt. Die Wirbelströme erzeugen ihrerseits ein magnetisches Gegenfeld, das dem verursachenden hochfrequenten Magnetfeld in Form einer Feldverdrängung entgegenwirkt. Die hierdurch bewirkte Feldveränderung der Spule macht sich nach außen durch eine Änderung der
20 Induktivität bemerkbar. Wird nun der stabförmige Sensorteil mit seinem Gegenfeld relativ zur Spulenanordnung bewegt, dann kann über die durch die Feldveränderung veränderte Induktivität in der Spulenanordnung der Weg des Sensorteils und damit der Weg des Stellgliedes über eine entsprechende Auswerteschaltung berührungslos erfaßt werden. Der stabförmige Sen-
25 sorteil besteht zweckmäßig aus einem magnetisch durchlässigen oder einem magnetisch leitenden Material. Das Kurzschlußelement kann durch einen auf den stabförmigen Sensorteil aufgesetzten Kurzschlußring gebildet werden. Statt eines Kurzschlußringes kann der stabförmige Sensorteil aus magnetisierbarem Material auch unterteilt werden und ein stabförmiges, festverbundenes Zwischenstück aus elektrisch leitendem Mate-
30 rial vorgesehen sein.

35 Zur Verminderung der Auswirkung von äußeren Störeinflüssen ist ein die Spulenanordnung möglichst weitgehend umschließendes Gehäuse aus einem magnetisch leitenden, aber elektrisch

schlecht leitenden Material vorgesehen. Dies ist insbesondere dann bedeutsam, wenn die Sensoranordnung unmittelbar mit dem Aktuator verbunden ist und der Aktuator als elektromagnetischer Aktuator ausgebildet ist, so daß bei der Betätigung der Elektromagneten des Aktuators entsprechende Störfelder auftreten. Durch das Gehäuse wird die Spulenanordnung gegen diese Störfeder abgeschirmt.

Während es grundsätzlich möglich ist, das Material des Kurzschlußelementes in Form eines Ringes durch Aufdampfen oder dergleichen als dünne Schicht auf den stabförmigen Sensorteil aufzubringen, ist es zweckmäßig, wenn das Kurzschlußelement in Form eines Kurzschlußringes eine deutliche Wanddicke aufweist, die vorzugsweise zwischen 0,1 und 0,5 mm liegen kann. Dies kann beispielsweise durch das Eindrehen einer entsprechend tiefen und entsprechend der vorgesehenen Länge des Kurzschlußelementes breiten Nut in den ferromagnetischen Sensorteil erreicht werden, die dann beispielsweise galvanisch mit Kupfer ausgefüllt wird. Damit kann über eine entsprechende Anpassung der Wanddicke des Kurzschlußelementes eine gewisse Temperaturabhängigkeit der Sensoranordnung kompensiert werden.

Dies ist insbesondere wichtig bei Sensoranordnungen, die in Verbindung mit Aktuatoren eingesetzt werden, die wechselnden Betriebstemperaturen ausgesetzt sind, beispielsweise Aktuatoren zur Betätigung von Gaswechselventilen an Kolbenbrennkraftmaschinen. Bei der bevorzugten Verwendung von Kupfer oder auch Aluminium als Material für das Kurzschlußelement ergibt sich, daß bei gegebener Spannung mit zunehmender Temperatur der spezifische Widerstand des Materials des Kurzschlußelementes ansteigt und dementsprechend die Stärke des magnetischen Gegenfeldes absinkt, bzw. des resultierenden Magnetfeldes ansteigt.

Andererseits wird über das von der Spulenanordnung auf das Kurzschlußelement einwirkende hochfrequente Magnetfeld für

die im Kurzschlußelement induzierten elektrischen Ströme ein Skin-Effekt wirksam, d.h. die Wirbelströme fließen nur in einer dünnen Schicht im äußeren Wandbereich des Kurzschlußringes. Mit steigender Temperatur nimmt zwar der spezifische elektrische Widerstand des Kurzschlußringes zu; andererseits aber dringen die Wirbelströme dann etwas tiefer in das Material des Kurzschlußringes ein, so daß hierdurch der temperaturbedingte Anstieg des spezifischen elektrischen Widerstandes durch einen entsprechend größeren Leiterquerschnitt größtenteils kompensiert wird. Bei begrenzter Dicke des Kurzschlußelementes, insbesondere bei begrenzter Wanddicke des Kurzschlußringes, ist das Eindringen der Wirbelströme mit steigender Temperatur begrenzt, so daß die Wirbelströme oberhalb einer gewissen Temperatur abnehmen. Somit kann man mit Hilfe der Dicke des Kurzschlußringes den Temperaturgang des Sensors beeinflussen. Bei geeigneter Wahl der Wanddicke kann man hiermit weitere thermisch bedingte Einflüsse teilweise kompensieren, beispielsweise die Temperaturabhängigkeit der Permeabilität des magnetischen Kern- und Mantelmaterials.

Für die Stromversorgung und Signalerfassung ist in weiterer Ausgestaltung der Erfindung eine Trägerfrequenzmeßbrücke vorgesehen, die einen Frequenzgenerator aufweist, wobei die beiden Spulen der Spulenordnung einen Teil der Meßbrücke bilden. Zweckmäßig ist hierbei, wenn der Frequenzgenerator eine hohe Trägerfrequenz beispielsweise in der Größe von 100 kHz erzeugt.

Weitere Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen von Ausführungsbeispielen zu entnehmen.

Die Erfindung wird anhand schematischer Zeichnungen von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils,

- Fig. 2a), b), c) eine Grundform einer Sensoranordnung in größerem Maßstab im Schnitt mit einem Kurzschlußring und zwei Spulen, in unterschiedlichen Betriebsstellungen,
- Fig. 3a), b), c) eine Abwandlung der Ausführungsform gem. Fig. 2 mit zwei Kurzschlußringen und zwei Spulen, in unterschiedlichen Betriebsstellungen,
- Fig. 4 eine Schaltungsanordnung für die Ausführungsform gem. Fig. 3,
- Fig. 5a), b), c) eine Abwandlung der Ausführungsform gem. Fig. 3 mit zwei Kurzschlußelementen und drei Spulen, in unterschiedlichen Betriebsstellungen,
- Fig. 6 eine Schaltungsanordnung zur Ausführungsform gem. Fig. 5,
- Fig. 7 ein Diagramm mit einem Verlauf der Spannung in Abhängigkeit vom Weg und einer Wiedergabe der Fehlerabweichungen.

Der in Fig. 1 dargestellte elektromagnetische Aktuator wird im wesentlichen gebildet durch zwei Elektromagneten 1 und 2, die von zwei Gehäuseteilen 3.1 und 3.2 umschlossen sind, die ihrerseits über ein als Distanzteil ausgebildetes Gehäuseteil 3.3 im Abstand zueinander angeordnet und mit ihren Polflächen 4 gegeneinander ausgerichtet sind. In dem vom Distanzteil 3.3 umschlossenen Bewegungsraum zwischen den beiden Polflächen 4 ist ein Anker 5 angeordnet, der über einen Führungsbolzen 6.1 in einer Führung 7 hin- und herbewegbar geführt ist.

Der Anker 5 steht über einen Führungsbolzen 6.2, der sich auf dem Führungsbolzen 6.1 im Bereich des Ankers 5 auf diesem abstützt, mit einer Rückstellfeder 8 in Verbindung. Das andere untere freie Ende 9 des Führungsbolzens 6.1 stützt sich hierbei auf einem Stellglied, beispielsweise dem freien Ende des Schaftes 11 eines Gaswechselventils ab, das in dem hier nur angedeuteten Zylinderkopf 12 einer Kolbenbrennkraftmaschine geführt ist. Durch eine Rückstellfeder 13 wird das Gaswechselventil in Schließrichtung (Pfeil 11.1) beaufschlagt, wobei die Rückstellfeder 13 und die Rückstellfeder 8 in ihrer Krafrichtung gegeneinander gerichtet sind, so daß bei stromlos gesetzten Elektromagneten der Anker 5 entsprechend seine Ruheposition zwischen den beiden Polflächen 4 der beiden Elektromagneten 1 und 2 einnimmt, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist.

Die Gehäuseteile 3.1 und 3.2 der beiden Elektromagneten umschließen jeweils einen vorzugsweise quaderförmigen Jochkörper 14, die mit Ausnehmungen versehen sind, in die eine ringförmig ausgebildete Spule 15 eingelegt ist, die jeweils über eine hier nicht näher dargestellte Steuereinrichtung zum Öffnen und Schließen des Gaswechselventils abwechselnd bestrombar sind.

An dem dem Gaswechselventil abgekehrten Ende des Aktuators ist eine Sensoranordnung 16 vorgesehen, die im wesentlichen aus einem stabförmigen Sensorteil 17, beispielsweise eine sogenannte Meßstelze gebildet wird, die praktisch eine Verlängerung des Federbolzens 6.2 darstellt. Der stabförmige Sensorteil 17 ist von einer Spulenanordnung 18 umschlossen, die mit einer Spannungsversorgung und Signalerfassung 19 verbunden ist. Im Betrieb wird durch die Hin- und Herbewegung des stabförmigen Sensorteils 17 in der Spulenanordnung 18 je nach Schaltungsanordnung und Ausgestaltung der Sensoranordnung ein Wechselstrom bzw. eine Wechselspannung erzeugt, die proportional zum Weg des Sensorteils und damit proportional zum Weg des Ankers 5 und damit proportional zum Weg des Stellgliedes

ist. Durch einen direkten Abgriff kann hier der Ankerweg als Signal erfaßt werden und durch eine Differenzierung des Wegsignals kann ein geschwindigkeitsproportionales Signal erzeugt werden.

5

In Fig. 2 ist schematisch eine Grundaussführung für die Sensoranordnung dargestellt. Fig. 2a zeigt hierbei den Aufbau des Sensors, während Fig. 2b und Fig. 2c die möglichen Endstellungen des stabförmigen Sensorteils für den Hubweg h zeigen.

10

Wie Fig. 2a) erkennen läßt, besteht die Sensoranordnung im wesentlichen aus dem stabförmigen Sensorteil 17, der von der Spulenanordnung 18 umfaßt ist, die über entsprechende Zuleitungen 20, 21, 22 mit der Spannungsversorgung und Auswerteinrichtung 19 verbunden ist (Fig. 1). Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Spulenanordnung eine lange aktive Spule 18.1 und eine kurze passive Spule 26.1 auf, die auf einen Spulenträger 27 gewickelt sind.

15

20

Der dargestellte, mit dem Stellglied in Verbindung stehende stabförmige Sensorteil 17 ist mit einem Kurzschlußelement 23 in Form eines Ringes bzw. einer Hülse aus einem elektrisch leitendem Material mit geringem Ohmschen Widerstand, einem sogenannten Kurzschlußring versehen. Der Kurzschlußring 23 weist zwei Endkanten 23.1 und 23.2 auf. Seine Längserstreckung in Bewegungsrichtung ist so bemessen, daß in der in Fig. 2a) dargestellten Mittelstellung M des Hubweges h der durch eine Endkante, hier die Endkante 23.1 begrenzte Endbereich vom Mittelbereich MS der aktiven Spule 18.1 umschlossen ist, während die passive Spule 26.1 vom Kurzschlußring voll durchsetzt ist.

25

30

Gelangt das Sensorteil 17 in die in Fig. 2b) dargestellte Endstellung I, dann ist die aktive Spule 18.1 praktisch fast vollständig vom Kurzschlußring 23 durchsetzt, während die passive Spule 26.1 vom angrenzenden ferromagnetischen Materi-

35

al teilweise durchsetzt ist. Dadurch, daß die schaltungstechnisch passive Spule 26.1 in der Nähe der Endstellung I die Endkante 23.2 des Kurzschlußelementes 23 umschließt, wird die Spule 26.1 nahe der Endstellung ebenfalls aktiv und trägt in der Brückenschaltung gem. Fig. 4 zur Linearisierung des Anzeigesignals bei.

Gelangt bei der Rückbewegung der stabförmige Sensorteil 17 in die Endstellung II gem. Fig. 2c), dann nähert sich die Endkante 23.1 dem Ende der aktiven Spule 18.1, der Kurzschlußring 23 wird aber weiterhin noch von der passiven Spule 26.1 umgeben, während die aktive Spule 18.1 praktisch fast vollständig vom magnetisch leitenden Material des stabförmigen Sensorteils ausgefüllt ist. In dieser Endstellung findet keine Linearisierung des Anzeigesignals statt.

Die Spulenanordnung 18 kann von einem Gehäuse 24 bis auf entsprechende Durchtrittsöffnungen für den stabförmigen Sensorteil 17 allseitig umschlossen sein. Das Gehäuse 24 besteht hierbei aus einem magnetisch gut leitendem Material, das jedoch schlechte elektrische Leiteigenschaften aufweist und dient als Abschirmung für die Spulenanordnung 18 gegenüber der Einwirkung von äußeren Magnetfeldern. Die Spulen können beispielsweise im Gehäuse 24 mit Vergußmasse festgelegt sein. Dies gilt auch für die nachfolgend dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele.

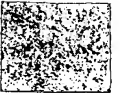
Der Kurzschlußring 23, der aus einem elektrisch gut leitendem Material hergestellt ist, zweckmäßigerweise aus Kupfer oder aus Aluminium, weist eine Dicke auf, die beispielsweise im Bereich zwischen 0,1 und 0,5 mm liegt. Bei der hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Kurzschlußring 23 in einer Nut 23.3 im stabförmigen Sensorteil 17 eingesetzt. Der stabförmige Sensorteil 17 kann hierbei unmittelbar durch das zu betätigende Stellglied gebildet werden, beispielsweise eine Düsenadel an einer Einspritzdüse oder aber auch durch den Schaft eines Gaswechselventils, so daß der stabförmige Sen-

sorteil 17 die Spulenordnung mit seiner ganzen Länge durchsetzt, oder durch einen entsprechenden Bolzen des Aktuatorankers oder einer mit diesem verbundenen Meßstetze.

5 Eine derartige Sensoranordnung arbeitet nach dem Wirbelstromprinzip. Wird die Spulenordnung 18 mit einem hochfrequentem Wechselstrom beaufschlagt, so daß ein hochfrequentes Magnetfeld erzeugt wird, dann werden im Kurzschlußring 23 elektrische Spannungen induziert, die durch den Kurzschluß in Wirbelströme umgewandelt werden. Diese Wirbelströme erzeugen ihrerseits ein magnetisches Gegenfeld, das dem verursachenden hochfrequenten Magnetfeld der Spulenordnung 18 in Form einer Feldveränderung entgegenwirkt. Bei einer Bewegung des stabförmigen Sensorteils 17 macht sich die Richtung und der Weg der Feldveränderung relativ zur Spulenordnung nach außen durch eine Änderung der Induktivität bemerkbar, die von der Bewegung des stabförmigen Sensorteils 17 abhängig ist, so daß hierdurch die Position und damit der Weg des Sensorteils 17 über ein entsprechendes Signal erfaßt werden kann.

20

In Fig. 3 ist in der gleichen Darstellungsweise wie in Fig. 2 eine bevorzugte Ausgestaltung der Sensoranordnung in unterschiedlichen Betriebsstellungen dargestellt. Gleiche Bauelemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, so daß auf die voraufgegangene Beschreibung verwiesen werden kann. Auch bei dieser Ausführungsform weist die Spulenordnung 18 eine lange aktive Spule 18.1 sowie eine kurze passive Spule 26.1 auf. Der Unterschied zur Ausführungsform gem. Fig. 2 besteht jedoch darin, daß der stabförmige Sensorteil 17 mit zwei Kurzschlußringen versehen ist, nämlich einem ersten Kurzschlußring 23 und einem zweiten Kurzschlußring 23.0. Die beiden Kurzschlußringe 23 und 23.0 sind mit Abstand zueinander auf dem stabförmigen Sensorteil 17 angeordnet. Der Abstand zwischen der Endkante 23.1 des Kurzschlußringes 23 und der Endkante 23.3 des Kurzschlußringes 23.0 ist nun wieder auf die Abmessungen der Spulenordnung 18 abgestimmt. Ausgehend von der in Fig. 3a) dargestellten Mittellage M ist die End-



kante 23.1 des KurzschlußBringes 23 vom Mittelbereich MS der aktiven Spule 18.1 umschlossen, während die passive Spule 26.1 noch vom ferromagnetischen Material des Sensorteils 17 durchsetzt ist.

5

Erreicht der Sensorteil 17 die in Fig. 3b) dargestellte Endstellung I, dann ist die aktive Spule 18.1 praktisch fast vollständig vom KurzschlußBring 23 durchsetzt, während die passive Spule 26.1 weiterhin nur vom ferromagnetischen Material des Sensorteils 17 durchsetzt ist.

10

Erreicht der Sensorteil 17 die in Fig. 3c dargestellte Endstellung II, dann wird die aktive Spule 18.1 praktisch fast vollständig vom ferromagnetischen Material des Sensorteils 17 durchsetzt, während der der Endkante 23.3 des zweiten KurzschlußBringes 23.0 begrenzte Endbereich die bisher passive Spule 26.1 durchsetzt und so aktiviert.

15

In Fig. 4 ist für die Ausführungsformen gem. Fig. 2 oder Fig. 3 schematisch eine Schaltung für die Meßwerterfassung in Form einer Trägerfrequenzmeßbrücke dargestellt. Die Spule 18.1 und die Spule 26.1 der Spulenarrangements 18 der Sensoranordnung sind mit zwei weiteren Impedanzen, beispielsweise Spulen 18.3 und 18.4 zu einer Trägerfrequenzmeßbrücke 29 zusammengeschaltet. Die Brücke 29 wird über einen Frequenzgenerator 30 mit einem hochfrequenten Wechselstrom beaufschlagt.

20

25

Wird nun der jeweils aktive stabförmige Sensorteil 17 mit seinen KurzschlußBringen 23 und 23.0 relativ zu den Spulen 18.1 und 26.1 der Brücke 29 in Richtung auf die Endstellung I bewegt, dann erfolgt eine Feldveränderung. Hierdurch wird eine "Verstimmung" der Brücke 29 bewirkt, die über einen Verstärker 31 und Bandpaßfilter 32 erfaßt werden kann. Mittels Gleichrichter 33, der phasenselektiv sein kann, und Tiefpaßfilter 34 kann dann ein hubabhängiges Signal erzeugt werden, das für die Zwecke einer Steuerung, beispielsweise der Ansteuerung der Gaswechselventile verarbeitet werden kann. Die

30

35

passive Spule 26.1 wirkt hierbei als Kompensationsspule. Bewegt sich der Sensorteil 17 in Richtung auf die Endstellung II, dann wird die Spule 18.1 in der Endstellung II passiv, während die passive Spule 26.1 aktiv wird und so der nicht
5 linearen Signalanhebung entgegenwirkt.

In Fig. 5 ist eine Ausgestaltung der Ausführungsform gem. Fig. 3 dargestellt, bei der jeweils zu beiden Seiten der langen aktiven Spule 18.1 zwei kurze passive Spulen 26.1 und
10 26.2 angeordnet sind. Die zugehörige Schaltungsanordnung ist in Fig. 6 dargestellt, die im wesentlichen der Schaltung gem. Fig. 4 entspricht, so daß auf die Beschreibung zu Fig. 4 verwiesen wird. Die beiden Spulen 26.1 und 26.2 sind hierbei in Reihe geschaltet. Die Induktivität der aktiven Spule 18.1
15 entspricht in etwa der Summe der beiden passiven Spulen 26.1 und 26.2. Die beiden passiven Spulen 26.1 und 26.2 sind elektrisch hintereinander geschaltet und bilden zusammen ein Viertel der Trägerfrequenzbrücke 29.

20 Der Abstand der beiden Kurzschlußringe 23 und 23.0 zueinander sowie die Länge der beiden Kurzschlußringe 23 und 23.0 in bezug auf die dargestellte Spulenordnung ist nun so bemessen, daß in der Mittelstellung die Endkante 23.1 des Kurzschlußringes 23 im Mittenbereich MS der Spule 18.1 liegt und die
25 Spule 26.1 den Kurzschlußring 23 noch vollständig umschließt, während die Spule 26.2 voll vom ferromagnetischen Material des Sensorteils 17 durchsetzt ist und somit der Kurzschlußring 23.0 außerhalb des Einflußbereichs der Spule 26.2 liegt.

30 Wie aus der Darstellung 5b) zu entnehmen ist, wird in der Endstellung I der Kurzschlußring 23 praktisch fast vollständig von der Spule 18.1 umschlossen, während die passive Spule 26.1 vom anschließenden ferromagnetischen Material des Sensorteils 17 teilweise durchsetzt ist und die passive Spule
35 26.2 vollständig durchsetzt ist..

Wird das Sensorteil 17 in die in Fig. 5c) dargestellte Endposition II verschoben, dann gelangt der Kurzschlußring 23.0 mit seiner Endkante 23.3 in den Überdeckungsbereich der Spule 26.2, während der Kurzschlußring 23 den Einflußbereich der Spule 26.1 überdeckt. Die Spule 18.1 ist in dieser Position praktisch fast vollständig vom ferromagnetischen Material des Sensorteils 17 durchsetzt.

In Fig. 7 ist in einem Diagramm der Spannungsverlauf V über den Hubweg h aufgetragen. Hierbei zusätzlich dargestellt sind die sich gegenüber der tatsächlichen Verschiebung bei den unterschiedlichen Systemen ergebenden Meßfehlerverläufe.

Die Linie V zeigt den Spannungsverlauf für einen Hubweg von 8 mm. Die gestrichelte Linie 1R zeigt den absoluten Meßfehler in Millimetern für eine Ausführungsform gem. Fig. 2 mit nur einem Kurzschlußring, während die durchgehend ausgezogene Linie 2R die Fehlerabweichung für eine Ausführungsform gem. Fig. 5 mit zwei Kurzschlußringen, einer langen aktiven Spule 18.1 und zwei kurzen passiven Spulen 26.1 und 26.2 erkennen läßt. Daraus ist ablesbar, daß die Ausführungsform gem. Fig. 5 eine erhebliche Verbesserung in der Linearität des Meßsignals ergibt.

25 -----

Ansprüche

1. Sensoranordnung zur Erfassung eines Hubes eines bewegbaren
5 Baugliedes, insbesondere eines durch einen Aktuator bewegbaren Stellgliedes, mit einer feststehenden, eine aktive Spule (18.1) und mit Abstand hierzu wenigstens eine passive Spule (26.1, 26.2) aufweisenden Spulenanordnung (18), die mit einer Stromversorgung (30) und einer Signalerfassung (29) in Verbindung steht, und mit einem axial bewegbaren stabförmigen
10 Sensorteil (17) aus einem vorzugsweise magnetisierbaren Material, das mit dem axial hin und her bewegbaren Stellglied in Verbindung steht und das mit wenigstens einem in Längsrichtung jeweils durch eine Endkante (23.1, 23.2) begrenzten
15 Kurzschlußelement (23, 23.0) aus einem elektrischleitenden Material mit geringem Ohmschen Widerstand versehen ist, dessen Erstreckung in Bewegungsrichtung so bemessen ist, daß in wenigstens einer durch die vorgegebene Hubhöhe (h) definierten Endstellung (I, II) eine Endkante (23.1, 23.2, 23.3) des
20 wenigstens einen Kurzschlußelementes (23) von der aktiven Spule (18.1) umschlossen ist und eine andere Endkante (23.1, 23.2, 23.3) des wenigstens einen Kurzschlußelementes (23, 23.0) von einer der wenigstens einen passiven Spulen (26.1, 26.2) zumindest teilweise umfaßt wird.
- 25
2. Sensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem stabförmigen Sensorteil (17) zwei jeweils durch Endkanten (23.1, 23.2) begrenzte Kurzschlußelemente (23, 23.0) mit Abstand zueinander angeordnet sind und daß der Abstand der einander zugekehrten Enden der wenigstens zwei Spulen (18.1, 26.1) einerseits und der Abstand der einander zugekehrten Endkanten (23.1, 23.2) der Kurzschlußelemente (23, 23.0) andererseits so bemessen ist, daß in wenigstens einer durch die vorgegebene Hubhöhe (h) definierten Endstellung (I, II) des Sensorelementes (17) eine der Endkanten (23.1, 23.2, 23.3) des Kurzschlußelementes (23, 23.0) von der aktiven Spule (18.1) umschlossen ist und eine weitere Endkante (23.1,
- 30
- 35

23.2) eines der beiden Kurzschlußelemente (23, 23.0) von einer der wenigstens einen passiven Spulen (26.1, 26.2) zumindest teilweise umfaßt wird.

- 5 3. Sensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Spule (18.1) eine größere Länge aufweist als die – bezogen auf die Bewegungsrichtung des Sensorteils (17) – mit Abstand zur aktiven Spule (18.1) angeordneten wenigstens eine passive Spule (26.1, 26.2).

10

4. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Anordnung von je einer passiven Spule (26.1, 26.2) an jeweils einer Endseite der aktiven Spule (18.1) und zwei Kurzschlußelementen (23, 23.0) der Abstand
15 der einander zugekehrten Endkanten (23.1, 23.2) der Kurzschlußelemente (23, 23.0) einerseits und die Längserstreckung beider Kurzschlußelemente (23, 23.0) andererseits so bemessen ist, daß in jeder durch die vorgegebene Hubhöhe (h) definierten Endstellung (I, II) eine Endkante eines der Kurzschluß-
20 elemente (23, 23.0) von der aktiven Spule (18.1) umschlossen ist und eine weitere Endkante (23.1, 23.2) eines der beiden Kurzschlußelemente (23, 23.0) von einer der passiven Spulen (26.1, 26.2) zumindest teilweise umfaßt ist.

- 25 5. Sensoranordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden passiven Spulen (26.1, 26.2) elektrisch hintereinander geschaltet sind und zusammen ein Viertel einer Trägerfrequenzbrücke (29) bilden.

- 30 6. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die aktive Spule (18.1) gezielt ungleichmäßig bewickelt ist.

7. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch
35 gekennzeichnet, daß die Länge zumindest des der aktiven Spule (18.1) zugeordneten Kurzschlußelementes (23) größer ist als die Länge der aktiven Spule (18.1).

8. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der aktiven Spule (18.1) größer ist als die zu messende Hubhöhe (h).

5

9. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktivität der aktiven Spule (18.1) in etwa der Summe der Induktivität der passiven Spulen (26.1, 26.2) entspricht.

10

10. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandstärke des Kurzschlußelementes (23, 23.0) so bemessen ist, daß Temperatureinflüsse auf die Sensoranordnung weitgehend kompensiert werden.

15

11. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Spule (18.1) und die wenigstens eine passive Spule (26.1, 26.2) in einer Halbbrücke zusammengeschaltet sind und dem Einwirkungsbereich des Sensorteils (17) zugeordnet sind, so daß sie in wenigstens einer der den Hubweg (h) begrenzenden Endstellung (I, II) die Funktion einer aktiven Spule übernehmen.

20

12. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß für die Stromversorgung und Signalerfassung eine Trägerfrequenzmeßbrücke (29) vorgesehen ist, wobei die aktive Spule (18.1) und die passiven Spulen (26.1, 26.2) der Spulenanordnung (18) einen Teil der Meßbrücke (29) bilden.

30

35

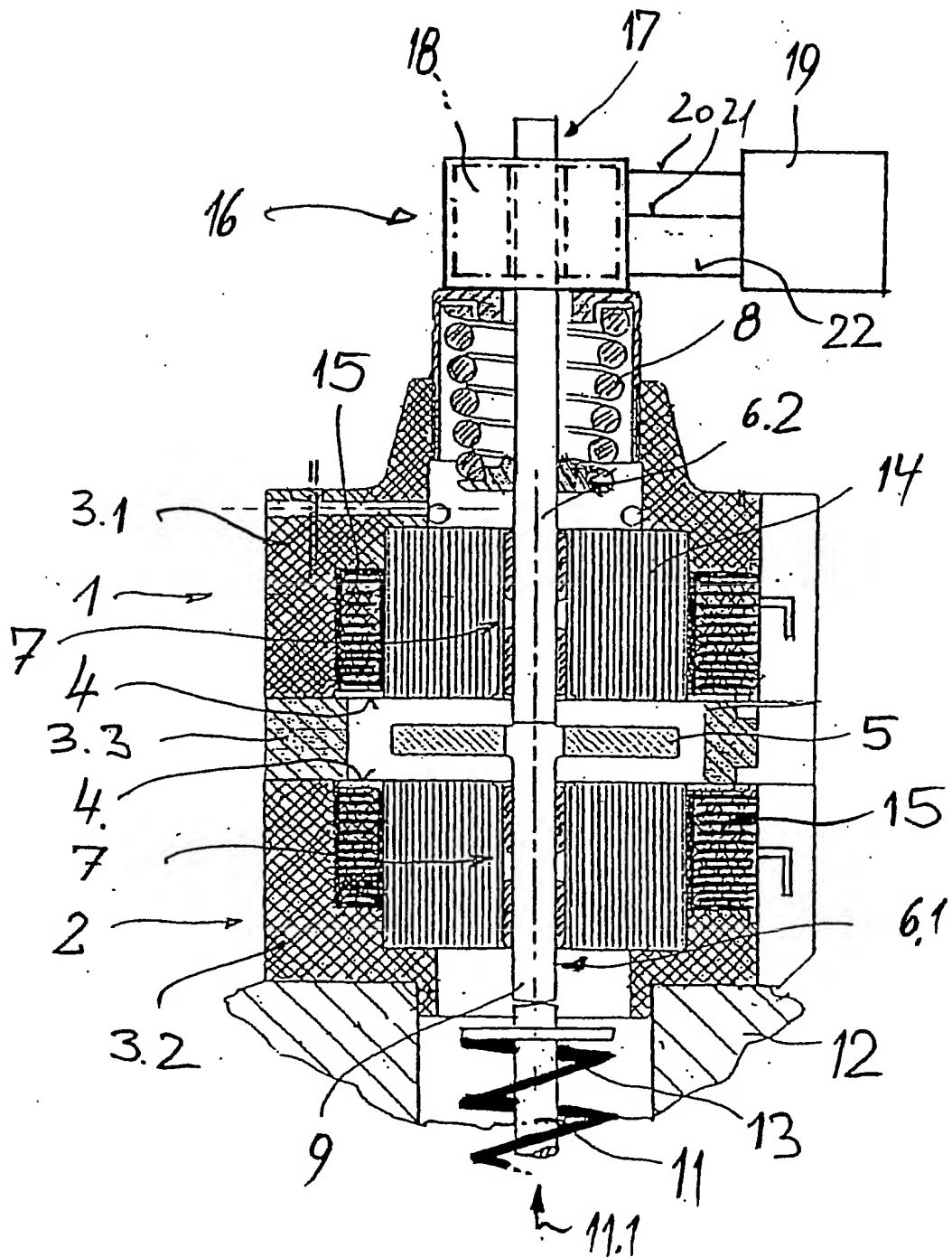
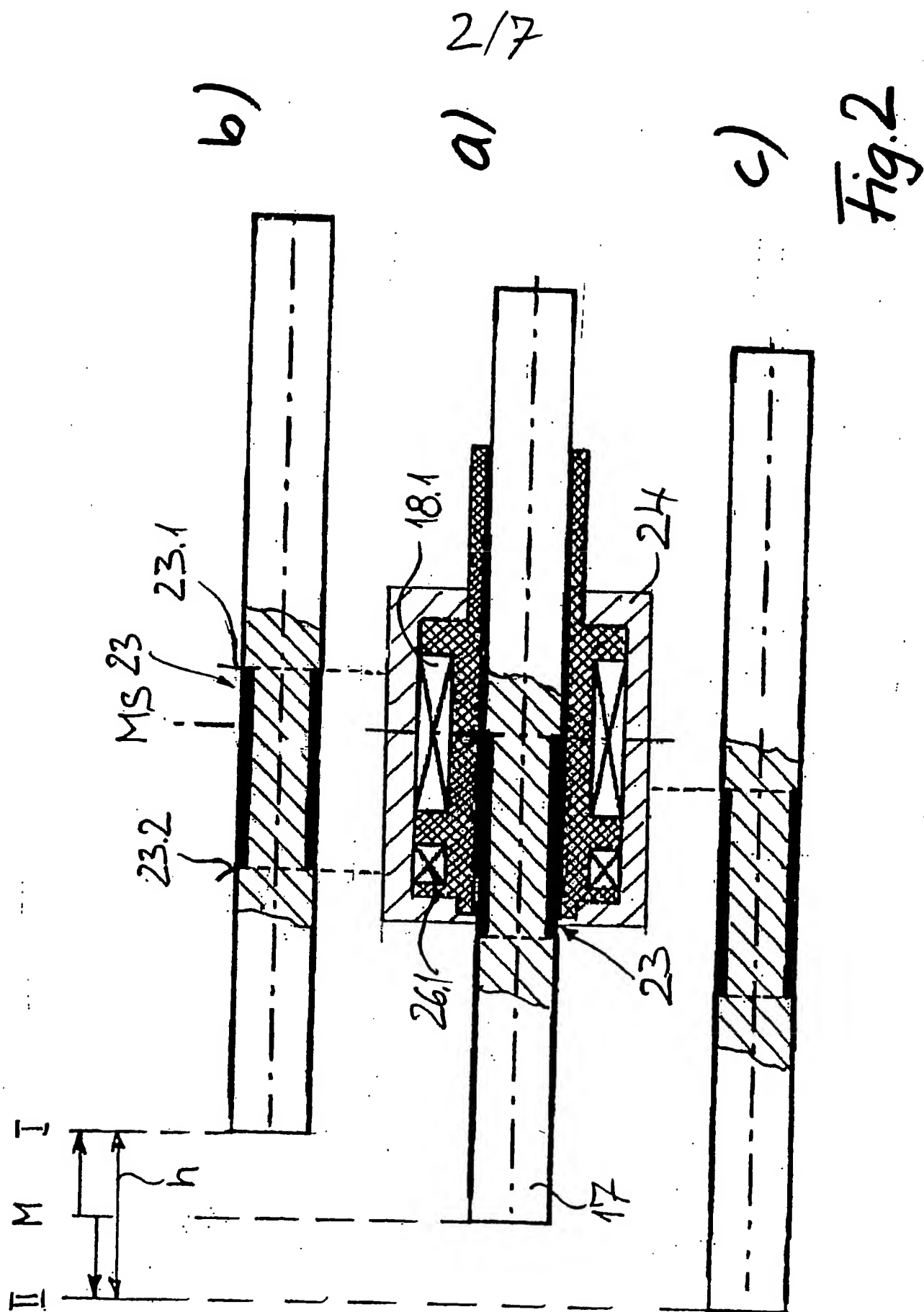


Fig. 1



3/7

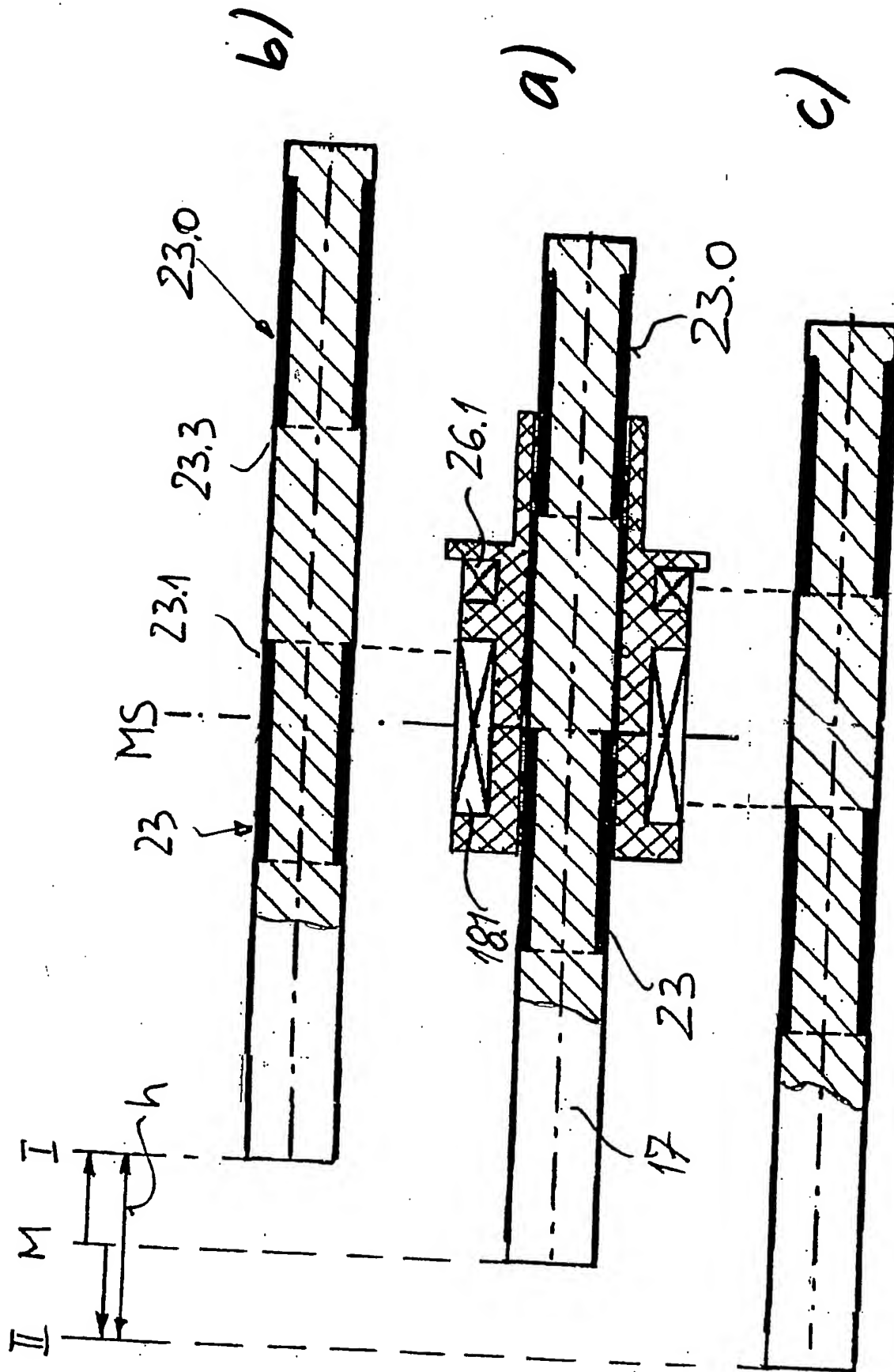
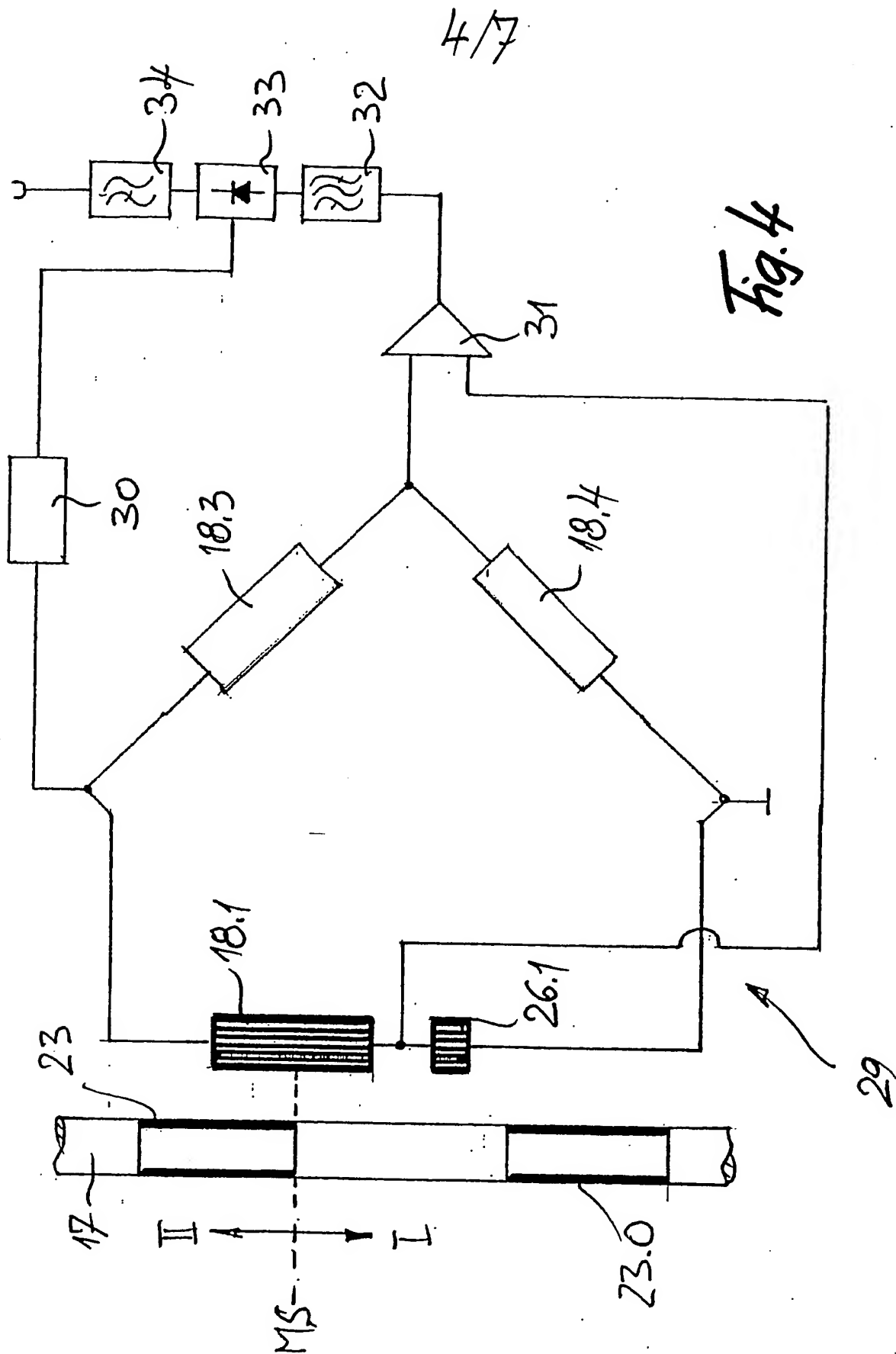
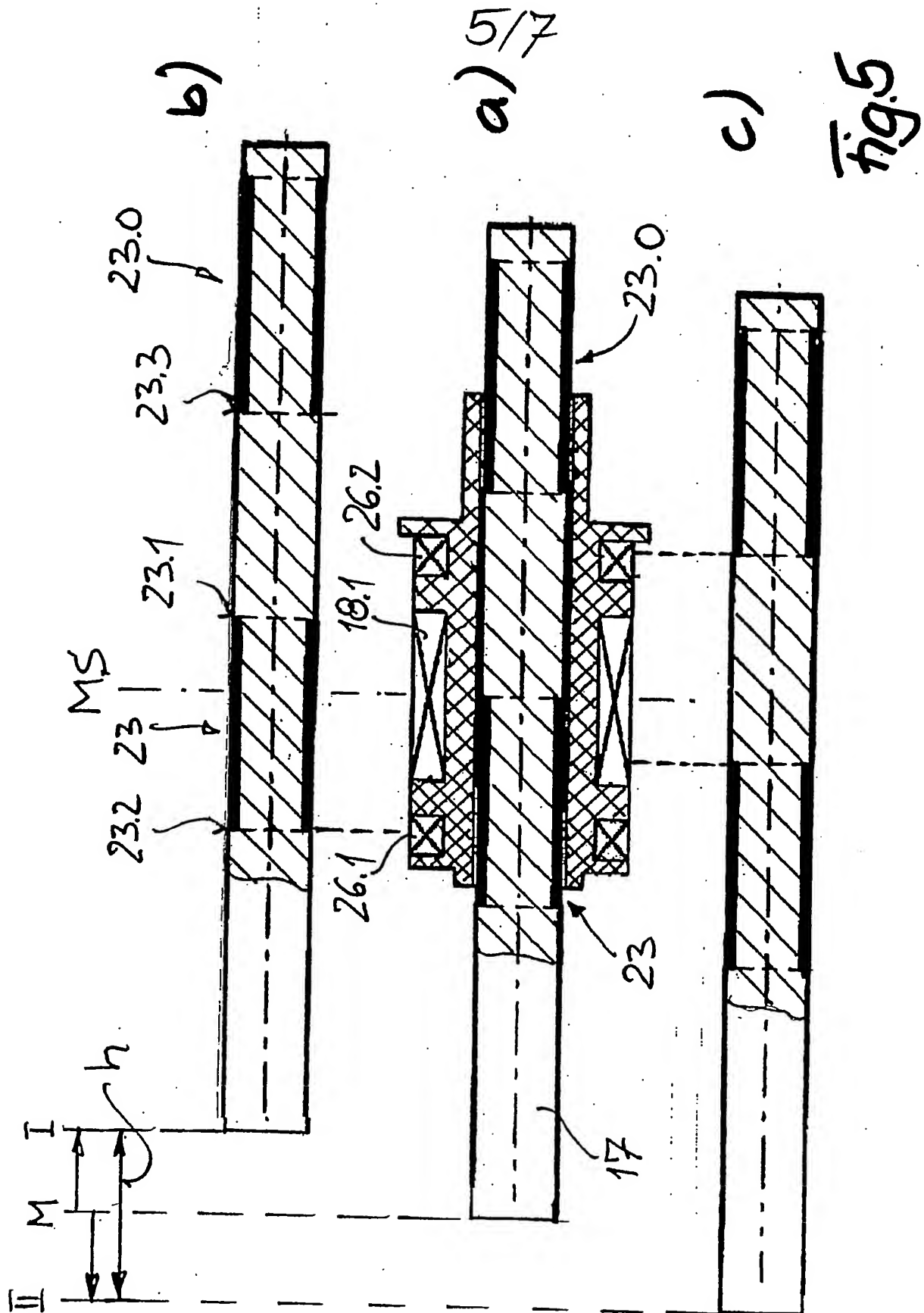
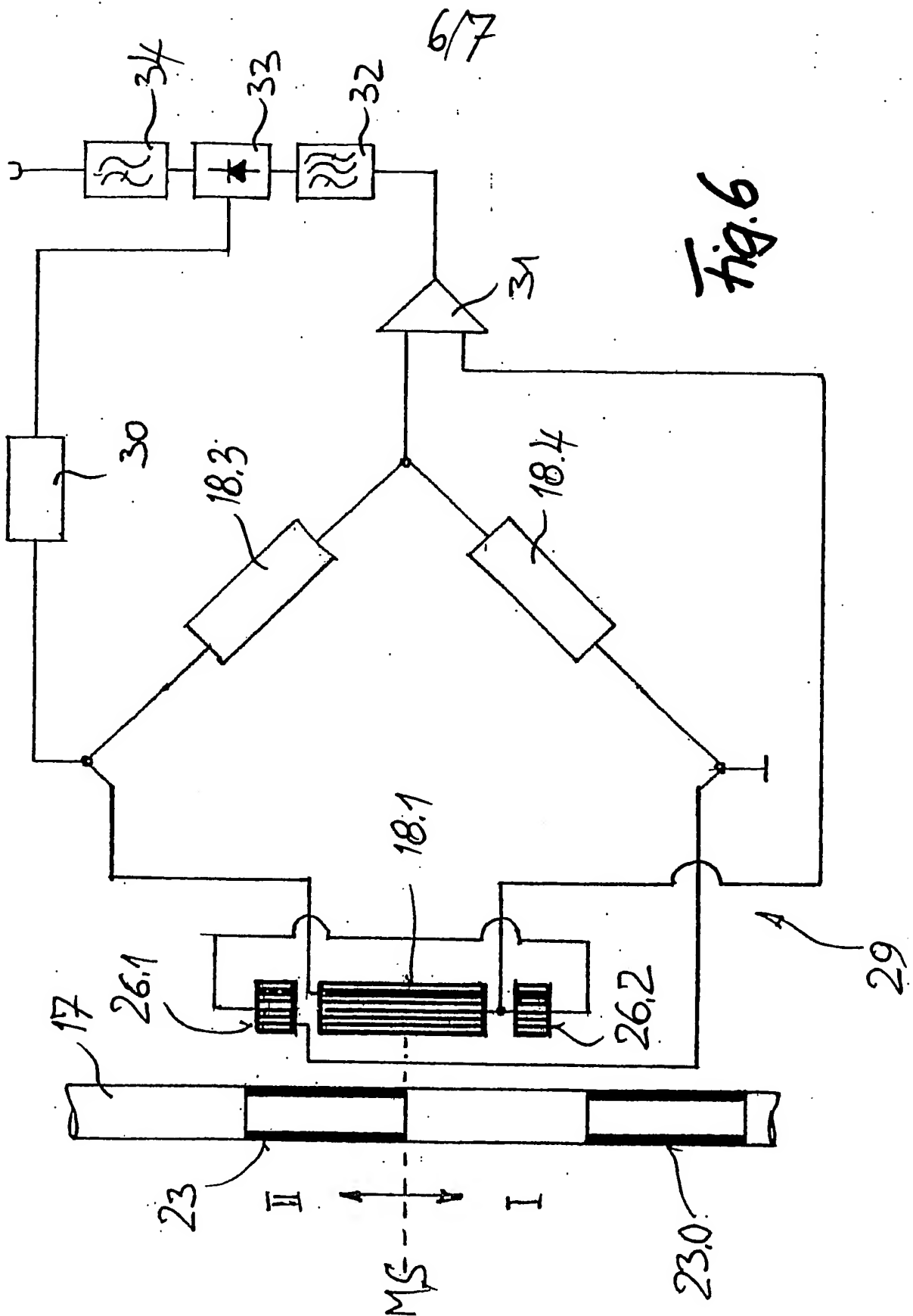


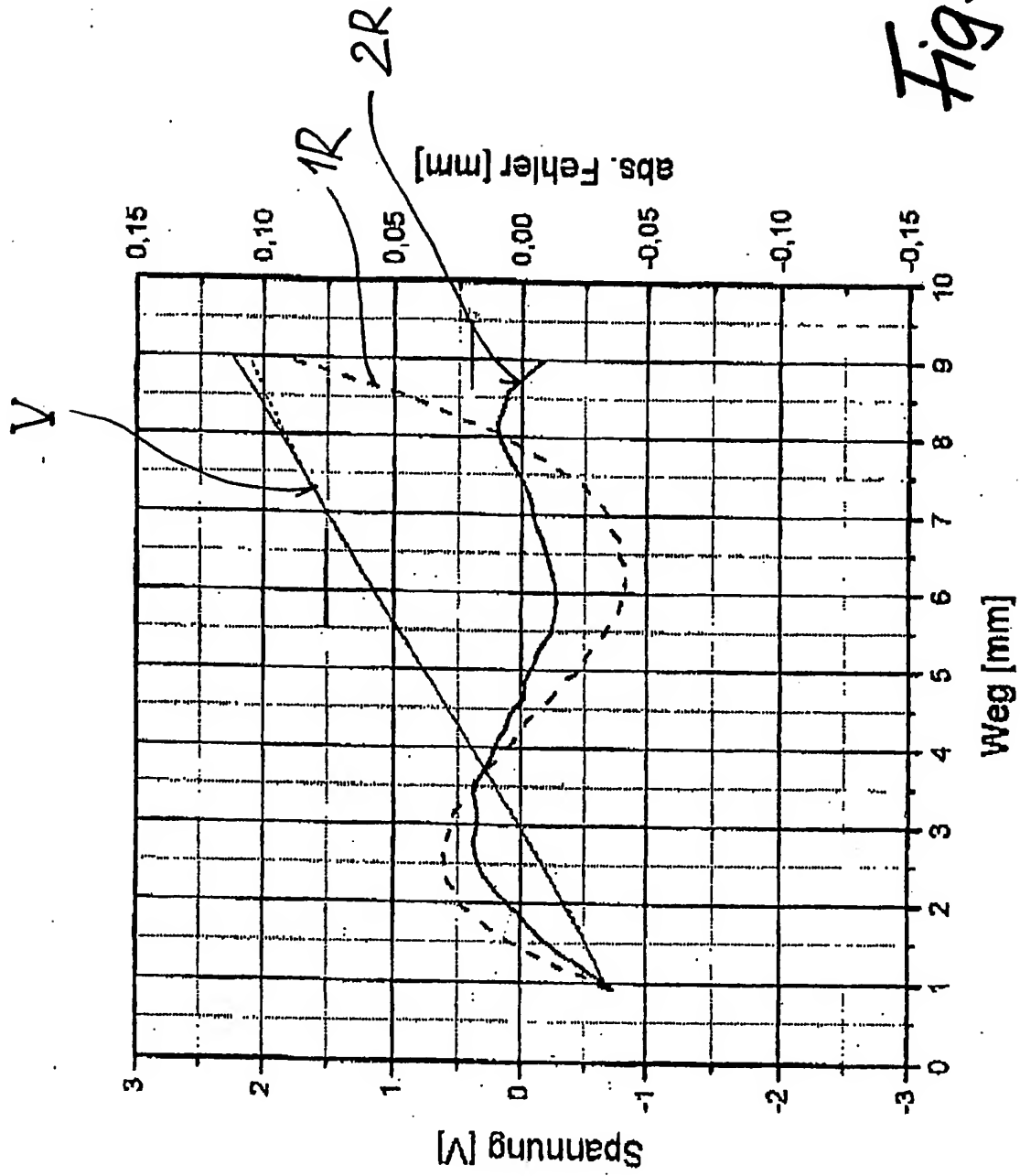
Fig. 3







7/7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.